

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.415.25

Степанов  
Никита Владиславович

Дискретное моделирование транспортной системы города

## **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 02 Телекоммуникационные системы и  
компьютерные сети

---

Научный руководитель  
Дворников В.Д.  
к.т.н.

---

Минск 2018

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в большинстве развитых стран мира актуальной проблемой в сфере транспорта является перегруженность дорожных сетей движением. Прежде всего, эта проблема характерна для ключевых магистралей, по которым осуществляются значительные объемы грузовых и пассажирских перевозок, а также для улично-дорожных сетей городов, где сосредоточена большая часть парка личного автотранспорта.

При этом методологической основой для разработки подобных мероприятий и принятия научно обоснованных решений для их реализации все в большей степени служит применение методов математического моделирования функционирования существующих и проектируемых транспортных систем, использование которых позволит:

- оценить эффективность планируемых мероприятий с использованием как эксплуатационных, так и экономических показателей;
- выявить возможные отрицательные последствия их внедрения;
- разработать научно обоснованную программу их реализации.

Прогнозирование эффекта от различных мер по управлению пропускной способностью дорожной сети требует решения различных задач транспортного моделирования:

- прогнозирование эффекта от строительства или реконструкции дорожных объектов требует моделирования распределения транспортного потока (ТП) на дорожной сети;
- оценка эффективности мер по совершенствованию организации дорожного движения, как правило, требует моделирования движения индивидуальных автомобилей в ТП;
- оценка эффективности мер по регулированию транспортного спроса требует моделирования объема и структуры потребности населения и экономики в поездках.

Данная работа посвящена разработке модели транспортной системы города, а также модулей, позволяющих фиксировать результаты моделирования с целью их использования для обучения нейронных сетей.

Разработанная модель может быть масштабирована и внедрена в существующую интеллектуальную транспортную систему города в качестве дополнительного модуля.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель работы**

Целью работы является создание набора данных для обучения нейронной сети предсказыванию местоположения транспортных средств.

### **Задачи работы**

**Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:**

- создание графового представления исследуемой области;
- симулирование движения транспорта;
- разработка программного обеспечения для формирования наборов данных обучения нейронной сети.

Теоретической основой исследования явились труды отечественных и зарубежных ученых в областях: исследования операций, нелинейного динамического и дискретного программирования, численных методов, теории алгоритмизации и программирования; оценки сложности и точности алгоритмов и программ, а также исследования комплексных транспортных проблем, ориентированных на макроэкономические вопросы взаимодействия подсистем транспортного комплекса; исследования организации и управления предприятиями разных видов транспорта, направленных на оптимальную организацию перевозок, а также труды ученых ведомственных и межведомственных научных организаций, направленные на разработку и совершенствования логистикоориентированных технологий перевозочных процессов.

Методологической основой исследований является системный подход, при котором объект исследования рассматривается как сложная система, состоящая из взаимодействующих подсистем и элементов, требующих для описания разные математические методы и средства с учетом их характера и свойств. В исследовании были использованы методы теории вероятностей и математической статистики, методы прогнозирования, корреляционный и регрессионный анализ, теория оптимизации, теория графов, теория принятия решений, дискретная комбинаторная оптимизация, нелинейное и динамическое программирование, имитационное моделирование, а также инструментарий для структурного анализа, алгоритмизации и моделирования сложных систем управления.

### **Личный вклад соискателя**

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в программной реализации математической модели транспортной системы города на основе данных карт OpenStreetMap и программной реализации

симуляции движения транспортных средств на основе математической модели движения одиночного транспортного средства. Определение целей и задача исследований, интерпретация и обобщение полученных результатов проводились совместно с научным руководителем, кандидатом технических наук, доцентом В.Д. Дворниковым.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: 54-ая научно-техническая конференция (Минск, 2018); Международных научно-технических семинарах «Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных» (Минск, 2017).

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из общей характеристики работы, введения, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, графического материала, списка использованной литературы и приложения.

Общий объем диссертационной работы составляет 89 страниц, из них 66 страниц текста, рисунков 38 на 29 страницах, 3 таблицы на 3 страницах, список использованной литературы (30 наименований на 3 страницах), список публикаций автора по теме диссертации (2 наименования на 1 странице).

Диссертация выполнена самостоятельно и проверена на плагиат. Уникальность составляет 90%.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В начале работы осуществляется анализ существующих типов математических моделей транспортных систем города. Математические модели, применяемые для анализа транспортных сетей, весьма разнообразны по решаемым задачам, математическому аппарату, используемым данным и степени детализации описания движения.

Основываясь на функциональной роли моделей, т.е. на тех задачах, для решения которых они применяются, можно условно выделить три основных класса:

- прогнозные модели;
- имитационные модели;
- оптимизационные модели.

Модели прогноза потоков и имитационные модели ставят своей целью адекватное воспроизведение транспортных потоков. Существует, однако, большое количество моделей, предназначенных для оптимизации

функционирования транспортных сетей. В этом классе моделей решаются задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выработки оптимальной конфигурации сети и др. Методы оптимизации транспортных сетей представляют собой обширную область исследований.

Цель имитационных моделей – описать транспортный поток и его особенности: зависимость между интенсивностью потока автомобилей, скоростью движения транспортных средств, пропускной способности дороги.

По степени детализации различают макроскопические и микроскопические модели. В макроскопических – транспортные средства рассматриваются агрегировано, аналогично потоку жидкости, в микроскопических – каждое транспортное средство рассматривается индивидуально, и учитываются взаимодействия между транспортными средствами.

Микроскопические модели хорошо подходят для описания транспортных потоков на многополосных дорогах, здесь в сценарий могут вноситься реалистичные перемещения с полосы на полосу, обгон, перестроение для выполнения следующего поворота и т.п. Большим недостатком такой модели является то, что они малоприспособлены для получения аналитических формул.

Промежуточное положение между микроскопическими и макроскопическими моделями занимают мезоскопические модели, так как поведение транспортных средств в таких моделях описывается уравнениями, это аналитические формулы для качественного анализа, учет взаимодействия между отдельными транспортными средствами.

В главе 2 рассматриваются вопросы построения графа дорожной сети, сравнение существующих методов обхода графа и алгоритмы поиска пути. Теория графов – один из фундаментальных разделов дискретной математики. Графы оказались очень продуктивным средством информационного (математического) моделирования структур систем и процессов, представления задач информационного характера.

В разделе 2.1 «Использование графа OSM для построения графа транспортной сети» рассматривается структура OSM файла, синтаксис формата и способы обработки.

В разделе 2.3 подробно описываются подходы, используемые для обхода графа и сравниваются наиболее популярные алгоритмы поиска пути. также приводится статистика времени решения задачи поиска пути.

Глава 3 полностью посвящена описанию взятой за основу математической модели движения одиночного транспортного средства.

Глава 4 «Разработка программной модели дорожной сети города» раскрывает структуру и реализацию выбранной модели. Модель состоит из

пяти модулей и описание каждого из них включено в главу 4.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты выполненной диссертационной работы:

- построено графовое представление исследуемой области;
- симулировано движение транспортных средств;
- разработано программное обеспечение для формирования данных обучения нейронной сети.

## **ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ**

1-А Сопровождение объектов на видеоизображениях с помехами / Степанов Н.В. [и др.] // Материалы международного научно-технического семинара. Телекоммуникации: сети и технологии. Алгебраическое кодирование и безопасность данных – Минск, апрель-декабрь 2017 – с. 25-29.

2-А Степанов Н.В. Дискретное моделирование транспортной системы города / Степанов Н.В. // 54-ая научно техническая конференция – Минск, 2018 – (принята к публикации).